

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-299331

(43)Date of publication of application : 11.10.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/31
C23C 16/511
C23F 4/00
H01L 21/3065
H05H 1/46

(21)Application number : 2001-094274

(71)Applicant : OMI TADAHIRO
TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 28.03.2001

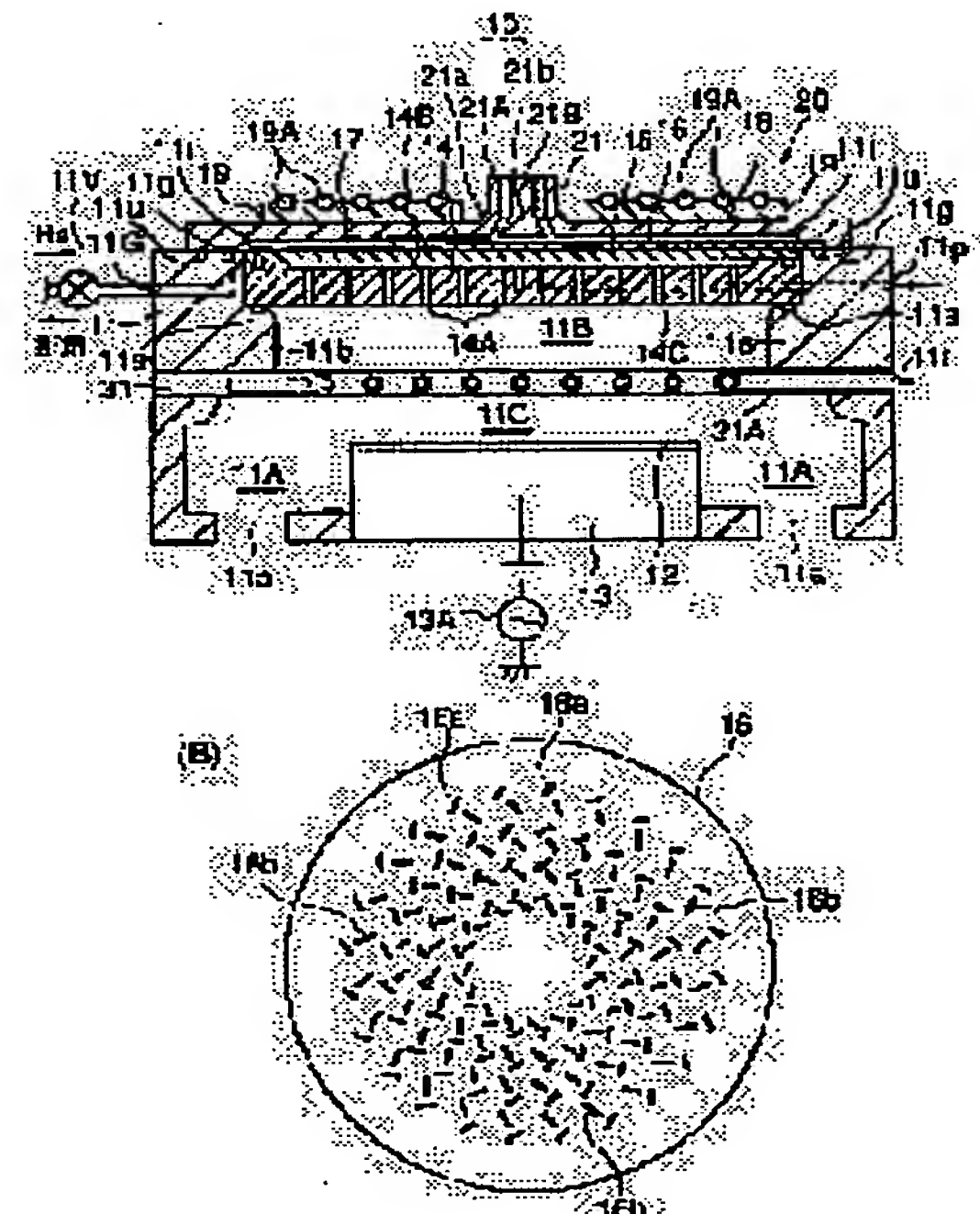
(72)Inventor : OMI TADAHIRO
HIRAYAMA MASAKI
SUGAWA SHIGETOSHI
GOTO TETSUYA
HONGO TOSHIKI

(54) PLASMA PROCESSING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress abnormal discharge for improving the excitation efficiency of microwave plasma in a microwave plasma processing apparatus, having a radial slotted line antenna.

SOLUTION: In the junction between a radial slotted antenna 20 and a coaxial waveguide 21, the top end of a feed wire 21B in the coaxial waveguide is spaced from a slotted plate 16 forming a radiation surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-299331
(P2002-299331A)

(43)公開日 平成14年10月11日(2002. 10. 11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	C 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/511		C 2 3 C 16/511	4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	A 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	B 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)			

(21)出願番号 特願2001-94274(P2001-94274)

(22)出願日 平成13年 3 月28日(2001. 3. 28)

(71)出願人 000205041
大見 忠弘
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
(71)出願人 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号
(72)発明者 大見 忠弘
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
(74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

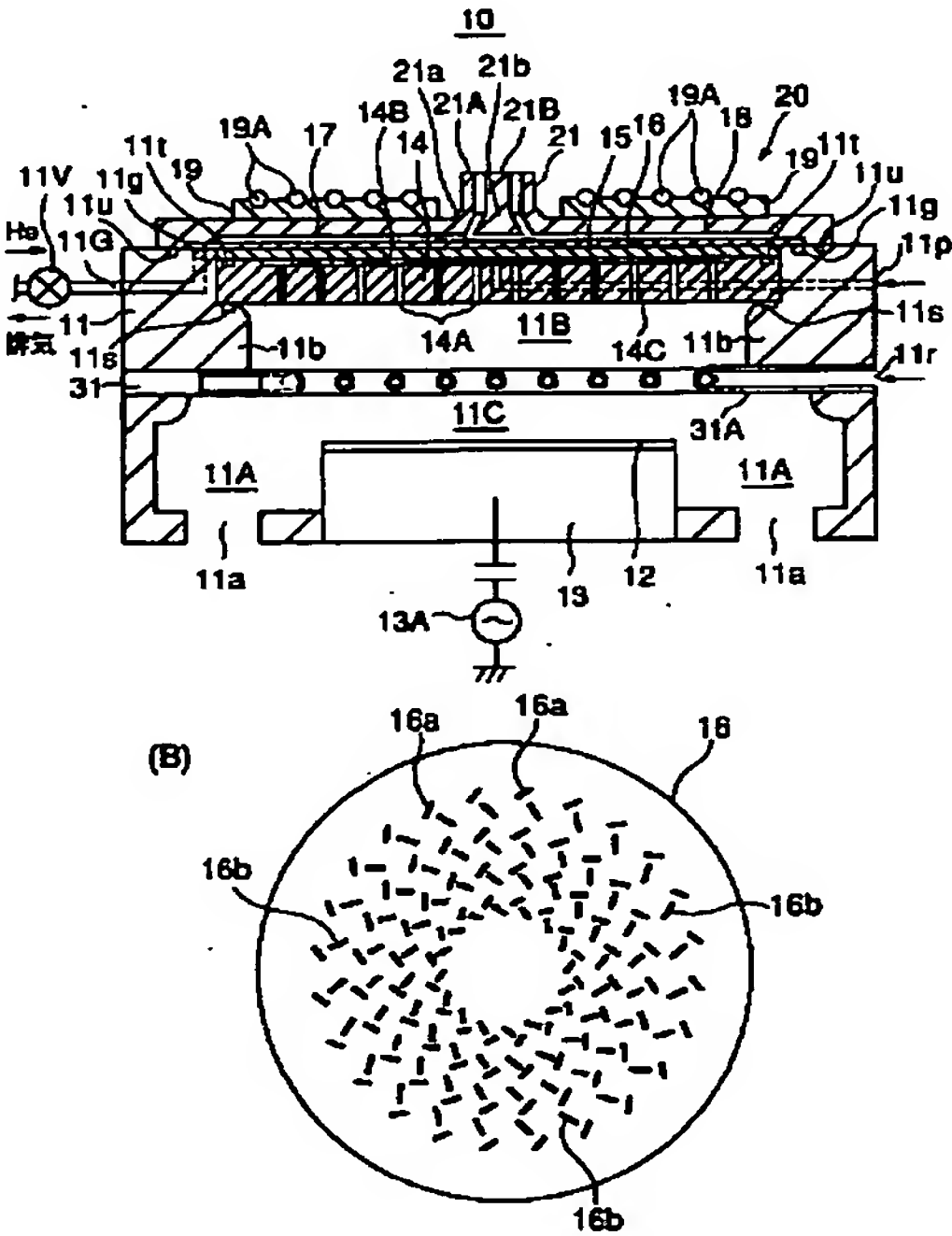
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 ラジアルラインスロットアンテナを有するマイクロ波プラズマ処理装置において、異常放電を抑制し、マイクロ波プラズマの励起効率を向上させる。

【解決手段】 ラジアルラインスロットアンテナ20と同軸導波管21との接続部において、同軸導波管中の給電線21Bの先端部を、放射面を構成するスロット板16から離間させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、
前記処理容器に結合された排気系と、
前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス供給部と、
前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して設けられ、同軸導波管により給電されるマイクロ波アンテナと、
前記マイクロ波アンテナに前記同軸導波管を介して電気的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、
前記マイクロ波アンテナはマイクロ波の放射面を形成する第1の外表面と、前記第1の外表面に対向する第2の外表面とにより画成され、
前記同軸導波管を構成する外側導波管は前記第2の外表面に接続され、前記同軸導波管を構成する中心導体は、先端部が前記第1の外表面から離間し、前記第1の外表面に対して容量結合することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記マイクロ波アンテナ中には、前記第1の外表面と前記第2の外表面との間に誘電体膜が設けられ、前記中心導体は、前記先端部が前記第1の外表面と、前記誘電体膜を介して容量結合することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記先端部は、前記第1の外表面から約3.8mm離間することを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記誘電体膜は、 SiO_2 、 Al_2O_3 および Si_3N_4 のいずれかより選ばれることを特徴とする請求項1から3のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記処理容器は、前記外壁の一部に前記保持台上の被処理基板に対面するように設けられたマイクロ波透過窓を備え、前記マイクロ波アンテナは、前記マイクロ波透過窓に結合されることを特徴とする請求項1～4のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記マイクロ波アンテナは、前記第1の表面が前記マイクロ波透過窓に密接するように設けられることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】 前記処理容器の外壁には、前記保持台上の被処理基板に対応して開口部が形成され、前記マイクロ波アンテナは、前記開口部中に、前記第1の表面が前記被処理基板に対面するように設けられることを特徴とする請求項1～4のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 前記第1の表面は、アルミニウムあるいはシリコンよりなることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】 前記中心導体の先端部は、前記第1の表面に向かって径が増大するテーパ部を形成することを特徴

とする請求項1～8記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】 前記プラズマガス供給部は、前記被処理基板に対面するように設けられ、プラズマガス源に接続可能なプラズマガス通路とこれに連通する多数の開口部とを形成された誘電体板よりなることを特徴とする請求項1～9のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項11】 前記プラズマガス供給部は、前記処理容器外壁中に形成され、プラズマガス源に接続可能な管よりなることを特徴とする請求項1～9のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項12】 さらに前記プラズマガス供給部と前記被処理基板との間に配設された処理ガス供給部を備えたことを特徴とする請求項1～11のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項13】 前記処理ガス供給部は、処理ガス源に接続可能な処理ガス通路とプラズマを通過させる第1の開口部と前記処理ガス通路に連通する複数の第2の開口部とを有することを特徴とする請求項12記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】 さらに前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項12または13記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般にプラズマ処理装置に係わり、特にマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】プラズマ処理工程およびプラズマ処理装置は、近年のいわゆるディープサブミクロン素子あるいはディープサブクォーターミクロン素子と呼ばれる0.1 μm に近い、あるいはそれ以下のゲート長を有する超微細化半導体装置の製造や、液晶表示装置を含む高解像度平面表示装置の製造にとって、不可欠の技術である。

【0003】半導体装置や液晶表示装置の製造に使われるプラズマ処理装置としては、従来より様々なプラズマの励起方式が使われているが、特に平行平板型高周波励起プラズマ処理装置あるいは誘導結合型プラズマ処理装置が一般的である。しかしこれら従来のプラズマ処理装置は、プラズマ形成が不均一であり、電子密度の高い領域が限定されているため大きな処理速度すなわちスループットで被処理基板全面にわたり均一なプロセスを行うのが困難である問題点を有している。この問題は、特に大径の基板を処理する場合に深刻になる。しかもこれら従来のプラズマ処理装置では、電子温度が高いため被処理基板上に形成される半導体素子にダメージが生じ、また処理室壁のスパッタリングによる金属汚染が大きいなど、いくつかの本質的な問題を有している。このため、従来のプラズマ処理装置では、半導体装置や液晶表示装置のさらなる微細化およびさらなる生産性の向上に対す

る厳しい要求を満たすことが困難になりつつある。

【0004】一方、従来より直流磁場を用いずにマイクロ波電界により励起された高密度プラズマを使うマイクロ波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（ラジアルラインスロットアンテナ）から処理容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されている。（例えば特開平9-63793公報を参照。）このような手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現でき、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能である。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避することができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導体装置の製造工程や大型液晶表示装置の製造にも容易に対応できる。

【0005】

【従来の技術】図1（A）、（B）は、かかるラジアルラインスロットアンテナを使った従来のマイクロ波プラズマ処理装置100の構成を示す。ただし図1（A）はマイクロ波プラズマ処理装置100の断面図を、また図1（B）はラジアルラインスロットアンテナの構成を示す図である。

【0006】図1（A）を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置100は複数の排気ポート116から排気される処理室101を有し、前記処理室101中には被処理基板114を保持する保持台115が形成されている。前記処理室101の均一な排気を実現するため、前記保持台115の周囲にはリング状に空間101Aが形成されており、前記複数の排気ポート116を前記空間101Aに連通するように等間隔で、すなわち被処理基板に対して軸対称に形成することにより、前記処理室101を前記空間101Aおよび排気ポート116を介して均一に排気することができる。

【0007】前記処理室101上には、前記保持台115上の被処理基板114に対応する位置に、前記処理室101の外壁の一部として、低損失誘電体よりなり多数の開口部107を形成された板状のシャワープレート103がシールリング109を介して形成されており、さらに前記シャワープレート103の外側に同じく低損失誘電体よりなるカバープレート102が、別のシールリング108を介して設けられている。

【0008】前記シャワープレート103にはその上面にプラズマガスの通路104が形成されており、前記複数の開口部107の各々は前記プラズマガス通路104に連通するように形成されている。さらに、前記シャワ

ープレート103の内部には、前記処理容器101の外壁に設けられたプラズマガス供給ポート105に連通するプラズマガスの供給通路108が形成されており、前記プラズマガス供給ポート105に供給されたArやKr等のプラズマガスは、前記供給通路108から前記通路104を介して前記開口部107に供給され、前記開口部107から前記処理容器101内部の前記シャワープレート103直下の空間101Bに、実質的に均一な濃度で放出される。

10 【0009】前記処理容器101上には、さらに前記カバープレート102の外側に、前記カバープレート102から4～5mm離間して、図1（B）に示す放射面を有するラジアルラインスロットアンテナ110が設けられている。前記ラジアルラインスロットアンテナ110は外部のマイクロ波源（図示せず）に同軸導波管110Aを介して接続されており、前記マイクロ波源からのマイクロ波により、前記空間101Bに放出されたプラズマガスを励起する。前記カバープレート102とラジアルラインスロットアンテナ110の放射面との間の隙間は大気により充填されている。

20 【0010】前記ラジアルラインスロットアンテナ110は、前記同軸導波管110Aの外側導波管に接続された平坦なディスク状のアンテナ本体110Bと、前記アンテナ本体110Bの開口部に形成された、図1（B）に示す多数のスロット110aおよびこれに直交する多数のスロット110bを形成された放射板110Cとよりなり、前記アンテナ本体110Bと前記放射板110Cとの間には、厚さが一定の誘電体膜よりなる遅相板110Dが挿入されている。

30 【0011】かかる構成のラジアルラインスロットアンテナ110では、前記同軸導波管110Aから給電されたマイクロ波は、前記ディスク状のアンテナ本体110Bと放射板110Cとの間を、半径方向に広がりながら進行するが、その際に前記遅相板110Dの作用により波長が圧縮される。そこで、このようにして半径方向に進行するマイクロ波の波長に対応して前記スロット110aおよび110bを同心円状に、かつ相互に直交するように形成しておくことにより、円偏波を有する平面波を前記放射板110Cに実質的に垂直な方向に放射することができる。

40 【0012】かかるラジアルラインスロットアンテナ110を使うことにより、前記シャワープレート103直下の空間101Bに均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板114にダメージが生じることがなく、また処理容器101の器壁のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

50 【0013】図1のプラズマ処理装置100では、さらに前記処理容器101中、前記シャワープレート103と被処理基板114との間に、外部の処理ガス源（図示

せず)から前記処理容器101中に形成された処理ガス通路112を介して処理ガスを供給する多数のノズル113を形成された導体構造物111が形成されており、前記ノズル113の各々は、供給された処理ガスを、前記導体構造物111と被処理基板114との間の空間101Cに放出する。前記導体構造物111には、前記隣接するノズル113と113との間に、前記空間101Bにおいて形成されたプラズマを前記空間101Bから前記空間101Cに拡散により、効率よく通過させるような大きさの開口部が形成されている。

【0014】そこで、このように前記導体構造物111から前記ノズル113を介して処理ガスを前記空間101Cに放出した場合、放出された処理ガスは前記空間101Bにおいて形成された高密度プラズマにより励起され、前記被処理基板114上に、一様なプラズマ処理が、効率的かつ高速に、しかも基板および基板上の素子構造を損傷させることなく、また基板を汚染することなく行われる。一方前記ラジアルラインスロットアンテナ110から放射されたマイクロ波は、かかる導体構造物111により阻止され、被処理基板114を損傷させることはない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】図2は、図1のプラズマ処理装置100のうち、ラジアルラインスロットアンテナ110を含む部分を拡大して示す。

【0016】図2を参照するに、前記同軸導波管110Aは前記アンテナ本体110Bに接続された外側導波管110A₁の内側に中心導体110A₂を有し、前記中心導体110A₂は前記スロット板110Cに、前記遅相板110D中に形成された開口部を介して接続される。

【0017】その際、前記スロット板110Cを前記中心導体110A₂に固定するのに従来はネジ110A₃が使われているが、かかる構成ではネジ110A₃の頭は前記スロット板110Cから突出してしまう。そこで図1に示す従来のプラズマ処理装置100では、前記スロット板110Cと対向するカバープレート102との間に、かかるネジ110A₃の頭が収まるように6mm程度の隙間110Gを設けていた。

【0018】しかし、このように前記スロット板110Cの表面にネジ110A₃の頭が突出すると電界集中を招き、容易に異常放電が生じてしまう。かかる異常放電が生じると、アンテナが損傷してしまい、交換を余儀なくされる。

【0019】また図1および図2の構成では、前記スロット板110C、すなわちラジアルラインスロットアンテナ110とカバープレート102との間の前記隙間110Gを設けていることにより、前記カバープレート102下のシャワープレート103に前記処理室101中に形成された高密度プラズマから流入する熱が前記カバープレート102およびシャワープレート103内に蓄

積しやすい問題が生じる。図1のプラズマ処理装置100においてこのように前記カバープレート102およびシャワープレート103に熱が蓄積した場合、前記シャワープレート103の温度が増大し、供給ポート105から供給されるプラズマガスが、種類によっては解離を生じてしまう。図1のプラズマ処理装置100は、処理容器101の内壁面上への堆積物の形成を回避するために処理室101を150°C程度の温度に昇温させて運転されることが多いため、この問題は深刻である。

10 【0020】前記シャワープレート103あるいはカバープレート102への熱の蓄積を回避するために、これらの部材にA1N等の熱伝導性の材料を使うことも可能ではあるが、その場合には誘電損失が増大し、マイクロ波プラズマの形成が困難になる。

【0021】そこで本発明は、上記の課題を解決した、新規で有用なプラズマ処理装置を提供することを概括的課題とする。

20 【0022】本発明のより具体的な課題は、ラジアルラインスロットアンテナ表面における異常放電を抑制し、また放熱効率を向上させたプラズマ処理装置を提供することにある。

【0023】本発明の他の課題は、マイクロ波アンテナを備えたプラズマ処理装置において、前記マイクロ波アンテナによるプラズマ励起効率を向上させることにある。

【0024】

30 【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、請求項1に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して設けられ、同軸導波管により給電されるマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに前記同軸導波管を介して電気的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナはマイクロ波の放射面を形成する第1の外表面と、前記第1の外表面に対向する第2の外表面とにより画成され、前記同軸導波管を構成する外側導波管は前記第2の外表面に接続され、前記同軸導波管を構成する中心導体は、先端部が前記第1の外表面から離間し、前記第1の外表面に対して容量結合することを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項2に記載したように、前記マイクロ波アンテナ中には、前記第1の外表面と前記第2の外表面との間に誘電体膜が設けられ、前記中心導体は、前記先端部が前記第1の外表面と、前記誘電体膜を介して容量結合することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置により、または請求項3に記載したように、前記先端部は、前記第1の外表面から約3.8mm離間することを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置により、または請求項4に記載

したように、前記誘電体膜は、 SiO_2 、 Al_2O_3 および Si_3N_4 のいずれかより選ばれることを特徴とする請求項1から3のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項5に記載したように、前記処理容器は、前記外壁の一部に前記保持台上の被処理基板に対面するように設けられたマイクロ波透過窓を備え、前記マイクロ波アンテナは、前記マイクロ波透過窓に結合されることを特徴とする請求項1～4のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項6に記載したように、前記マイクロ波アンテナは、前記第1の表面が前記マイクロ波透過窓に密接するように設けられることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置により、または請求項7に記載したように、前記処理容器の外壁には、前記保持台上の被処理基板に対応して開口部が形成され、前記マイクロ波アンテナは、前記開口部中に、前記第1の表面が前記被処理基板に対面するように設けられることを特徴とする請求項1～4のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項8に記載したように、前記第1の表面は、アルミニウムあるいはシリコンよりなることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置により、または請求項9に記載したように、前記中心導体の先端部は、前記第1の表面に向かって径が増大するテーパ部を形成することを特徴とする請求項1～8記載のプラズマ処理装置により、または請求項10に記載したように、前記プラズマガス供給部は、前記被処理基板に対面するように設けられ、プラズマガス源に接続可能なプラズマガス通路とこれに連通する多数の開口部とを形成された誘電体板よりなることを特徴とする請求項1～9のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項11に記載したように、前記プラズマガス供給部は、前記処理容器外壁中に形成され、プラズマガス源に接続可能な管よりなることを特徴とする請求項1～9のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項12に記載したように、さらに前記プラズマガス供給部と前記被処理基板との間に配設された処理ガス供給部を備えたことを特徴とする請求項1～11のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項13に記載したように、前記処理ガス供給部は、処理ガス源に接続可能な処理ガス通路とプラズマを通過させる第1の開口部と前記処理ガス通路に連通する複数の第2の開口部とを有することを特徴とする請求項12記載のプラズマ処理装置により、または請求項14に記載したように、さらに前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項12または13記載のプラズマ処理装置により、解決する。

〔作用〕本発明によれば、ラジアルラインスロットアンテナにマイクロ波電力を供給する同軸導波管の中心導体が、ラジアルラインスロットアンテナの放射面を形成する導体スロット板に直接に接続されることがなくなり、

これに伴い前記導体スロット板を前記中心導体にネジ止めする必要もなくなる。その結果、ネジ頭の突出による電界集中およびこれに伴う異常放電の問題が解消し、プラズマ処理を安定に、しかもアンテナに損傷を生じることなく行うことが可能になる。

【0025】また本発明によれば、前記導体スロット板を前記中心導体にネジ止めする必要がなくなる結果、突出するネジ頭を収めるために前記導体スロット板と処理容器外壁との間に隙間を形成する必要がなくなり、前記導体スロット板を前記処理容器外壁の一部に形成したマイクロ波透過窓に直接に接触させることが可能になる。その結果前記マイクロ波透過窓を前記アンテナを冷却することにより冷却することが可能になり、従来誘電損失は小さいものの熱伝導率が小さいために使用が困難であった Al_2O_3 を前記マイクロ波透過窓に、あるいはプラズマガスを供給するシャワープレートに使うことが可能になる。同様に、前記アンテナ内において第1の表面と第2の表面との間に設けられる遅相板も、従来の誘電損失の大きい AlN の代わりに誘電損失の小さい Al_2O_3 や SiO_2 、さらに SiN を使うことが可能になる。これらの材料は、使われるマイクロ波の周波数に応じて選べばよい。

【0026】本発明では、プラズマガス供給部として、誘電損失の小さい誘電体材料よりなりプラズマガス通路とこれに連通した多数の開口部を有するシャワープレートを使うことで、均一なプラズマガス供給が可能になるが、プラズマガスの供給は処理容器外壁に設けた管によって行うことも可能である。後者の場合には構成が簡単になり、プラズマ処理装置の費用を大きく低減することが可能である。

【0027】前記中心導体の先端部は、前記スロット板から約3.8mm離間させることで、前記中心導体と前記スロット板との間のインピーダンス変化を最適化でき、かかる容量性結合部におけるマイクロ波の反射を最小化できる。また前記中心導体の先端部にテーパ構造を形成することにより前記中心導体とスロット板との間のインピーダンス変化を最適化できる。

【0028】特に本発明ではマイクロ波アンテナを、処理容器外壁の一部に形成された開口部に前記スロット板が露出するように設けることが可能である。本発明では、マイクロ波アンテナ中において前記スロット板の背後に一樣な遅波板が連続して形成されているため、このような構成であっても、アンテナの外周部のみを封止部材により封止することにより処理容器を効果的に封止することが可能である。かかる構成では、スロット板が処理容器内に露出しているため、マイクロ波透過窓などによるマイクロ波の損失がなく、効率的にマイクロ波プラズマを励起することが可能になる。

【0029】従来のプラズマ処理装置では、中心導体の先端部が前記遅波板を貫通してスロット板に到達してい

たため、かかるスロット板が処理容器内に露出した構成を実現しようとするると遅波板と中心導体との間にシール部材を設ける必要があったが、この位置に形成されたシール部材は強力な加熱により劣化するため、かかる構成は実現が困難であった。本発明はかかる困難を簡単な構成により克服し、効率的なプラズマ処理装置を提供する。

【0030】

【発明の実施の形態】〔第1実施例〕図3(A)、

(B)は、本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10の構成を示す。

【0031】図3(A)を参照するに、前記マイクロ波プラズマ処理装置10は処理容器11と、前記処理容器11内に設けられ、被処理基板12を静電チャックにより保持する好ましくは熱間等方圧加圧法(HIP)により形成された Al_2O_3 あるいは AlN よりなる保持台13とを含み、前記処理容器11内には前記保持台13を囲む空間11Aに等間隔に、すなわち前記保持台13上の被処理基板12に対して略軸対称な関係で少なくとも二箇所、好ましくは三箇所以上に排気ポート11aが形成されている。前記処理容器11は、かかる排気ポート11aを介して不等ピッチ不等傾角スクリュウポンプ等のポンプにより、排気・減圧される。

【0032】前記処理容器11は好ましくは Al を含有するオーステナイトステンレス鋼よりなり、内壁面には酸化処理により酸化アルミニウムよりなる保護膜が形成されている。また前記処理容器11の外壁のうち前記被処理基板12に対応する部分には、HIP法により形成された緻密な Al_2O_3 よりなり多数のノズル開口部14Aを形成されたディスク状のシャワープレート14が、前記外壁の一部として形成される。かかるHIP法により形成された Al_2O_3 シャワープレート14は Y_2O_3 を焼結助剤として使って形成され、気孔率が0.03%以下で実質的に気孔やピンホールを含んでおらず、30W/m・Kに達する、セラミックとしては非常に大きな熱伝導率を有する。

【0033】前記シャワープレート14は前記処理容器11上にシールリング11sを介して装着され、さらに前記シャワープレート14上には同様なHIP処理により形成された緻密な Al_2O_3 よりなるカバープレート15が、シールリング11tを介して設けられている。前記シャワープレート14の前記カバープレート15と接する側には前記ノズル開口部14Aの各々に連通しプラズマガス流路となる凹部14Bが形成されており、前記凹部14Bは前記シャワープレート14の内部に形成され、前記処理容器11の外壁に形成されたプラズマガス入口11pに連通する別のプラズマガス流路14Cに連通している。

【0034】前記シャワープレート14は前記処理容器11の内壁に形成された張り出し部11bにより保持さ

れており、前記張り出し部11bのうち、前記シャワープレート14を保持する部分には異常放電を抑制するために丸みが形成されている。

【0035】そこで、前記プラズマガス入口11pに供給された Ar や Kr 等のプラズマガスは前記シャワープレート14内部の流路14Cおよび14Bを順次通過した後、前記開口部14Aを介して前記シャワープレート14直下の空間11B中に一様に供給される。

【0036】前記カバープレート15上には、前記カバープレート15に密接し図3(B)に示す多数のスロット16a、16bを形成されたディスク状のスロット板16と、前記スロット板16を保持するディスク状のアンテナ本体17と、前記スロット板16と前記アンテナ本体17との間に挟持された Al_2O_3 、 SiO_2 あるいは Si_3N_4 等の低損失誘電体材料よりなる遅相板18とにより構成されたラジアルラインスロットアンテナ20が設けられている。前記ラジアルスロットラインアンテナ20は前記処理容器11上にシールリング11uを介して装着されており、前記ラジアルラインスロットアンテナ20には矩形あるいは円形断面を有する同軸導波管21を介して外部のマイクロ波源(図示せず)より周波数が2.45GHzあるいは8.3GHzのマイクロ波が供給される。供給されたマイクロ波は前記スロット板16上のスロット16a、16bから前記カバープレート15およびシャワープレート14を介して前記処理容器11中に放射され、前記シャワープレート14直下の空間11Bにおいて、前記開口部14Aから供給されたプラズマガス中にプラズマを励起する。その際、前記カバープレート15およびシャワープレート14は Al_2O_3 により形成されており、効率的なマイクロ波透過窓として作用する。その際、前記プラズマガス流路14A～14Cにおいてプラズマが励起されるのを回避するため、前記プラズマガスは、前記流路14A～14Cにおいて50～100Torrの圧力に保持される。

【0037】前記ラジアルラインスロットアンテナ20と前記カバープレート15との密着性を向上させるため、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10では前記スロット板16に係合する前記処理容器11の上面の一部にリング状の溝11gが形成されており、かかる溝11gを、これに連通した排気ポート11Gを介して排気することにより、前記スロット板16とカバープレート15との間に形成された隙間を減圧し、大気圧により、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を前記カバープレート15にしっかりと押し付けることが可能になる。かかる隙間には、前記スロット板16に形成されたスロット16a、16bが含まれるが、それ以外にも様々な理由により隙間が形成されることがある。かかる隙間は、前記ラジアルラインスロットアンテナ20と処理容器11との間のシールリング11uにより封止されている。

【0038】さらに前記排気ポート11Gおよび溝15gを介して前記スロット板16と前記カバープレート15との間の隙間に分子量の小さい不活性気体を充填することにより、前記カバープレート15から前記スロット板16への熱の輸送を促進することができる。かかる不活性気体としては、熱伝導率が大きくしかもイオン化エネルギーの高いHeを使うのが好ましい。前記隙間にHeを充填する場合には、0.8気圧程度の圧力に設定するのが好ましい。図3の構成では、前記溝15gの排気および溝15gへの不活性気体の充填のため、前記排気ポート11Gにバルブ11Vが接続されている。

【0039】前記同軸導波管21Aのうち、外側の導波管21Aは前記ディスク状のアンテナ本体17に接続され、一方中心導体21Bは、テーパ形状を有する先端部21bが前記遅相板18を介して前記スロット板16に容量性結合されている。すなわち前記先端部21bは前記スロット板16から1mm以上、好ましくは約3.8mmも距離離間して形成され、前記同軸導波管21Aに供給されたマイクロ波は、前記アンテナ本体17とスロット板16との間を径方向に進行しながら、前記スロット16a、16bより放射される。前記遅相板18と前記スロット板16との間の距離、すなわち間に介在する遅相板18の厚さが1mm以下になると、前記遅相板18中に絶縁破壊が生じる可能性が無視できなくなる。周波数が2.45GHzのマイクロ波を使う場合、前記先端部21bと前記スロット板16との距離は約3.8mmの場合に最も給電効率が高くなる。

【0040】前記外側導波管21Aの先端部、すなわち前記外側導波管21Aとアンテナ本体17との接続部には、前記中心導体21Bのテーパ部21bに対応してテーパ部21aが形成されている。

【0041】図3(B)は前記スロット板16上に形成されたスロット16a、16bを示す。

【0042】図3(B)を参照するに、前記スロット16aは同心円状に配列されており、各々のスロット16aに対応して、これに直行するスロット16bが同じく同心円状に形成されている。前記スロット16a、16bは、前記スロット板16の半径方向に、前記遅相板18により圧縮されたマイクロ波の波長に対応した間隔で形成されており、その結果マイクロ波は前記スロット板16から略平面波となって放射される。その際、前記スロット16aおよび16bを相互の直交する関係で形成しているため、このようにして放射されたマイクロ波は、二つの直交する偏波成分を含む円偏波を形成する。

【0043】さらに図3(A)のプラズマ処理装置10では、前記アンテナ本体17上に、冷却水通路19Aを形成された冷却ブロック19が形成されており、前記冷却ブロック19を前記冷却水通路19A中の冷却水により冷却することにより、前記シャワープレート14に蓄積された熱を、前記ラジアルラインスロットアンテナ2

0を介して吸収する。前記冷却水通路19Aは前記冷却ブロック19上においてスパイラル状に形成されており、好ましくはH₂ガスをバブリングすることで溶存酸素を排除して且つ酸化還元電位を制御した冷却水が通される。

【0044】また、図3(A)のマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11中、前記シャワープレート14と前記保持台13上の被処理基板12との間に、前記処理容器11の外壁に設けられた処理ガス注入口11rから処理ガスを供給されこれを多数の処理ガスノズル開口部31B(図4参照)から放出する格子状の処理ガス通路31Aを有する処理ガス供給構造31が設けられ、前記処理ガス供給構造31と前記被処理基板12との間の空間11Cにおいて、所望の均一な基板処理がなされる。かかる基板処理には、プラズマ酸化処理、プラズマ窒化処理、プラズマ酸窒化処理、プラズマCVD処理等が含まれる。また、前記処理ガス供給構造31から前記空間11CにC₄F₈、C₃F₈またはC₄F₆などの解離しやすいフルオロカーボンガスや、F系あるいはC1系等のエッチングガスを供給し、前記保持台13に高周波電源13Aから高周波電圧を印加することにより、前記被処理基板12に対して反応性イオンエッチングを行うことが可能である。

【0045】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11の外壁は150°C程度の温度に加熱しておくことにより、処理容器内壁への反応副生成物等の付着が回避され、一日に一回程度のドライクリーニング行うことで、定常的に、安定して運転することが可能である。

【0046】図3(A)のプラズマ処理装置10においては、前記同軸導波管21をラジアルラインスロットアンテナ20に接続する接続・給電部において、前記中心導体21Bに前記テーパ部21bを形成し、また前記外側導波管21Aにも、対応するテーパ部21aを形成することにより、前記接続・給電部におけるインピーダンスの急変が緩和され、その結果、かかるインピーダンスの急変に起因する反射波の形成が大きく低減される。

【0047】図4は、図3(A)の構成における処理ガス供給構造31の構成を示す底面図である。

【0048】図4を参照するに、前記処理ガス供給構造31は例えばMgを含んだAl合金やAl添加ステンレススチール等の導電体より構成されており、前記格子状処理ガス通路31Aは前記処理ガス注入口11rに処理ガス供給ポート31Rにおいて接続され、下面形成された多数の処理ガスノズル開口部31Bから処理ガスを前記空間11Cに均一に放出する。また、前記処理ガス供給構造31には、隣接する処理ガス通路31Aの間にプラズマやプラズマ中に含まれる処理ガスを通過させる開口部31Cを形成されている。前記処理ガス供給構造31をMg含有Al合金により形成する場合には、表面に

弗化物膜を形成しておくのが好ましい。また前記処理ガス供給構造31をA1添加ステンレススチールにより形成する場合には、表面に酸化アルミニウムの不動態膜を形成しておくのが望ましい。本発明によるプラズマ処理装置10では、励起される励起されるプラズマ中の電子温度が低いためプラズマの入射エネルギーが小さく、かかる処理ガス供給構造31がスパッタリングされて被処理基板12に金属汚染が生じる問題が回避される。前記処理ガス供給構造31は、アルミナ等のセラミックスにより形成することも可能である。

【0049】前記格子状処理ガス通路31Aおよび処理ガスノズル開口部31Bは図4に破線で示した被処理基板12よりもやや大きい領域をカバーするように設けられている。かかる処理ガス供給構造31を前記シャワープレート14と被処理基板12との間に設けることにより、前記処理ガスをプラズマ励起し、かかるプラズマ励起された処理ガスにより、均一に処理することが可能になる。

【0050】前記処理ガス供給構造31を金属等の導体により形成する場合には、前記格子状処理ガス通路31A相互の間隔を前記マイクロ波の波長よりも短く設定することにより、前記処理ガス供給構造31はマイクロ波の短絡面を形成する。この場合にはプラズマのマイクロ波励起は前記空間11B中においてのみ生じ、前記被処理基板12の表面を含む空間11Cにおいては前記励起空間11Bから拡散してきたプラズマにより、処理ガスが活性化される。また、プラズマ着火実施例に前記被処理基板12が直接マイクロ波に曝されるのを防ぐことが出来るので、マイクロ波による基板の損傷も防ぐことが出来る。

【0051】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、処理ガス供給構造31を使うことにより処理ガスの供給が一様に制御されるため、処理ガスの被処理基板12表面における過剰解離の問題を解消することができ、被処理基板12の表面にアスペクト比の大きい構造が形成されている場合でも、所望の基板処理を、かかる高アスペクト構造の奥にまで実施することが可能である。すなわち、マイクロ波プラズマ処理装置10は、設計ルールの異なる多数の世代の半導体装置の製造に有効である。

【0052】図5は図3(A)のプラズマ処理装置10のうち、前記シャワープレート14、カバープレート15、およびラジアルラインスロットアンテナ20を含む部分の構成を示す図である。

【0053】図5を参照するに、前記シャワープレート14の下面と前記処理ガス供給構造31との間隔は、前記シャワープレート14直下の領域において効率的なプラズマ励起を実現するためには、マイクロ波の短絡面として作用する前記処理ガス供給構造31と前記シャワープレート14の下面との間に形成される定在波の腹が前

記シャワープレート14直下の領域に位置するように、マイクロ波波長の1/4の整数倍になるように設定するのが好ましい。

【0054】一方、前記スロット16a、16bにおける異常放電を回避するためには、前記ラジアルラインスロットアンテナ20から放射されるマイクロ波の節が前記スロット16a、16bに位置するのが好ましく、また前記シャワーノズル開口部14A内における異常放電を回避するには前記シャワープレート14の下面にも節が形成されるのが好ましい。このような理由で、前記シャワープレート14とカバープレート15とを合わせた厚さは供給されるマイクロ波の波長の1/2に設定するのが好ましい。

【0055】特に、前記シャワープレート14およびカバープレート15の厚さをマイクロ波波長の1/4に設定しておく、前記シャワープレート14とカバープレート15との界面近傍にマイクロ波の節を位置させることができ、かかる界面に沿って形成されたプラズマガス通路14B中における異常放電を効果的に抑制することができる。

【0056】図6は、図2(A)の構成中の同軸導波管21に接続されるマイクロ波源の概略的構成を示す。

【0057】図6を参照するに、前記同軸導波管は、2.45GHzあるいは8.3GHzで発振するマグネトロン25Aを有する発振部25から延在する導波管の端部に、前記発振部25から順にアイソレータ24、パワーモニタ23およびチューナ22を介して接続されており、前記発振器25で形成されたマイクロ波を前記ラジアルラインスロットアンテナ20に供給すると同時に、プラズマ処理装置10中に形成された高密度プラズマから反射したマイクロ波を、前記チューナ22においてインピーダンス調整を行うことにより、前記ラジアルラインスロットアンテナ20へと戻している。また、前記アイソレータ24は方向性を有する要素で、前記発振部25中のマグネトロン25Aを反射波から保護するように作用する。

【0058】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、このように前記同軸導波管21とラジアルラインスロットアンテナ20との接続部ないし給電部にテーパ部21Aおよび21Bを形成することにより、かかる接続部におけるインピーダンスの急変が緩和され、その結果、インピーダンス急変にともなうマイクロ波の反射を抑制し、また前記同軸導波管21からアンテナ20へのマイクロ波の供給を安定化することが可能である。

【0059】なお、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10において、図8の変形例に示すように、前記テーパ面21Aおよび21Bをそれぞれ湾曲面21Arおよび21Brに置き換えることも可能である。このように湾曲面を形成することにより、かかる接続部にお

けるインピーダンス変化をさらに緩和し、もって反射波の形成をさらに効率よく抑制することが可能になる。

【0060】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、プラズマに起因する熱フラックスに曝されるシャワープレート14と冷却部との距離が、図1

(A)、(B)に示す従来のマイクロ波プラズマ処理装置に比べて大幅に短縮されており、その結果、誘電損失の大きいA1Nの代わりにA1₂O₃のような、マイクロ波透過窓として好適な、誘電損失は小さいが熱伝導率も小さい材料をシャワープレートおよびカバープレートに

使うことが可能になり、シャワープレートの昇温を抑制しつつ、同時にプラズマ処理の効率、従って処理速度を向上させることができる。

【0061】また本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では前記シャワープレート14とこれに対向する被処理基板12との間の間隔が狭いため、前記空間11Cで基板処理反応の結果生じた反応生成物を含むガスは、前記外周部の空間11Aへと流れる安定な流れを形成し、その結果前記反応生成物は前記空間11Cから速やかに除去される。その際、前記処理容器11の外壁を150°C程度の温度に保持しておくことにより、前記反応生成物の処理容器11内壁への付着を実質的に完全に除去することが可能になり、前記処理装置10は次の処理を速やかに行うことが可能になる。

【0062】なお、本実施例においては特定の寸法の数値を挙げて説明をしたが、本発明はこれら特定の数値に限定されるものではない。

【第2実施例】図7は、本発明の第2実施例によるプラズマ処理装置10Aの構成を示す。ただし図7中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0063】図7を参照するに、プラズマ処理装置10Aは図3(A)、(B)のプラズマ処理装置10と類似した構成を有するが、前記シャワープレート14が撤去されており、前記ガス導入ポート11pから延在するガス導入口11Pが前記処理容器11中の空間11B中に延在する。

【0064】かかる構成においても、前記ガス導入口11Pから導入されたプラズマガスを前記ラジアルラインスロットアンテナ20から供給されるマイクロ波で励起することにより、前記空間11B中において高密度プラズマを形成することが可能である。

【0065】このようにして形成された高密度プラズマは、シャワープレート14を使った場合に得られる高密度プラズマよりは均一性に劣るが、プラズマ処理装置10Aの構成は先のプラズマ処理装置10よりも実質的に簡素化される。本実施例においても、前記カバープレート15に入射する熱流は、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を介して冷却部17により効率的に吸収される。

【0066】なお、図7のプラズマ処理装置10Aにおいては、可能な限り均一なプラズマ形成を実現するために、前記ガス導入口11Pを複数箇所、前記被処理基板に対して対称的に設けるのが好ましい。

【0067】本実施例においても同軸導波管の中心導体21Bの先端部21bを前記スロット板16から離間して形成し、両者を容量結合することにより、前記スロット板16表面へのネジ頭の突出の問題が回避され、前記アンテナ20を前記スロット板16が前記カバープレート15に密着するように装着することが可能になる。

【第3実施例】図8は、本発明の第3実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10Bの構成を示す。ただし図8中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0068】図8を参照するに、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10Bは先の実施例のマイクロ波プラズマ装置10と類似した構成を有するが、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10Bでは前記処理ガス供給構造31が除去されている。また、前記処理容器11の張り出し部11bは、下面にも丸みが形成されており、異常放電を回避している。

【0069】かかる構成のプラズマ処理装置10Bでは、前記シャワープレート14直下に形成されるプラズマがマイクロ波を反射し、その結果、被処理基板12の表面にまでマイクロ波が到達したり、かかる表面近傍の領域においてプラズマが励起されるような問題は生じない。また、プラズマ着火時に一時的に処理容器内の圧力を高く、例えば133Pa(約1Torr)に設定した状態でマイクロ波を照射し、プラズマの着火を確実にすることで、プラズマ着火時の被処理基板へのマイクロ波の照射による損傷を防ぐことができる。プラズマが着火した後は、処理容器内の圧力は速やかにプロセス圧力、例えば13.3Pa(約0.1Torr)へと調節される。

【0070】前記プラズマ処理装置10Bでは、処理ガス供給機構30を除去しているため、処理ガスは前記プラズマガス供給ポート11pからプラズマガスとともに、供給する必要があるが、かかる構成により、被処理基板12の表面に酸化処理、窒化処理あるいは酸窒化処理等の処理を行うことが可能である。

【0071】本実施例においても同軸導波管の中心導体21Bの先端部21bを前記スロット板16から離間して形成し、両者を容量結合することにより、前記スロット板16表面へのネジ頭の突出の問題が回避され、前記アンテナ20を前記スロット板16が前記カバープレート15に密着するように装着することが可能になる。

【第4実施例】図9は本発明の第4実施例によるプラズマ処理装置10Cの構成を示す。ただし図9中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0072】図9を参照するに、本実施例では前記カバープレート15が前記処理容器11の外壁の一部としてではなく、マイクロ波アンテナ20の一部として形成される。

【0073】より具体的に説明すると、前記アンテナ本体17は前記処理容器11上にシールリング11uを介して装着されるが、本実施例では前記処理容器11の外壁上に前記外壁の一部として形成されていたカバープレート15が除かれ、その代わりに前記アンテナ本体17に、前記スロット板16を覆う誘電体板15Aを一体的に設ける。前記誘電体板15Aは前記スロット板16に密接し、一方前記スロット板16は、前記遅相板18を介して前記アンテナ本体17により機械的に支持される。

【0074】かかる構成では、前記処理容器11内を減圧した場合に前記アンテナ20に大気圧が加わることになるが、本実施例では大気圧に起因する応力は前記アンテナ本体17により吸収することが可能で、その結果前記誘電体板15Aの厚さを減少させることが可能になる。その結果、前記誘電体板15Aによるマイクロ波の損失が減少し、前記処理容器11中の空間11Bにおける高密度プラズマの励起効率が向上する。

【0075】図9のプラズマ処理装置10Cでは、図8の構成と同様にシャワープレート14を設けず、プラズマガスを導入口11Pより導入する構成が使われているが、シャワープレート14を設けることも可能である。

【第5実施例】図10は、本発明の第5実施例によるプラズマ処理装置10Dの構成を示す。ただし図10中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0076】図10を参照するに、本実施例では先の図9の実施例における誘電体板15Aが省略されており、スロット板16が処理容器11内に露出している。

【0077】かかる構成では、前記アンテナ本体17を処理容器11の外壁に対して封止するシールリング11uの他に、前記スロット板16とアンテナ本体17との間に設けられアンテナ内部および同軸導波管21の内部を前記処理容器11内部の空間11Bに対して封止する別のシールリング17uが設けられている。

【0078】かかる構成によれば、前記スロット板16から処理容器11の内部空間11Bに直接に、すなわち誘電体板15Aやカバープレート15を介さずにマイクロ波を導入することが可能になり、前記内部空間11B中において効率的なマイクロ波プラズマの励起が可能になる。

【0079】その際、前記シールリング17uは前記アンテナ本体17の周辺部に形成されているためプラズマによる損傷は少なく、特にアンテナ本体17を先の図3(A)、(B)の実施例のように冷却することにより、安定してプラズマ処理を行うことが可能である。

【0080】図10の構成でも、前記処理容器11内を減圧した場合に前記アンテナ20に大気圧が加わることになるが、本実施例では大気圧に起因する応力は前記アンテナ本体17により吸収することが可能で、遅相板18が機械的に損傷することはない。

【0081】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば、ラジアルラインスロットアンテナにマイクロ波を給電する同軸導波管中の中心導体を、前記中心導体の先端部がラジアルラインスロットアンテナの放射面を構成するスロット板から離間するように設けることにより、前記スロット板表面におけるネジ頭による突起が解消され、スロット板を対応するマイクロ波透過窓に密接させることが可能になる。かかる構成により、かかる突起による異常放電が回避され、マイクロ波透過窓をラジアルラインスロットアンテナを介して効果的に冷却することが可能になる。

【0083】また、本発明によれば、ラジアルラインスロットアンテナとマイクロ波透過窓を構成する誘電体板とを一体化することにより、誘電体板の厚さを減少させることができ、マイクロ波プラズマの励起効率を向上させることができる。

【0084】さらに本発明によれば、ラジアルラインスロットアンテナを処理容器に直接に外付けすることにより、処理容器内にマイクロ波をマイクロ波透過窓を通さずに直接に導入することが可能になり、マイクロ波プラズマの励起効率をさらに向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)、(B)は、従来のマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図2】図1のマイクロ波プラズマ処理装置の一部を詳細に示す図である。

【図3】(A)、(B)は、本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図4】図3のプラズマ処理装置で使われる処理ガス供給構造の例を示す図である。

【図5】図3のプラズマ処理装置におけるマイクロ波分布を示す図である。

【図6】図3のプラズマ処理装置で使われるマイクロ波源の構成を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の第3実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図9】本発明の第4実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図10】本発明の第5実施例によるマイクロ波プラズ

19

マ処理装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

10, 10A, 10B, 10C, 10D, 100 プラズマ処理装置

11 処理容器

11a 排気ポート

11b 張り出し部

11p プラズマガス供給ポート

11r 処理ガス供給ポート

11A, 11B, 11C 空間

11G 減圧およびHe供給ポート

12 被処理基板

13 保持台

13A 高周波電源

14 シャワープレート

14A プラズマガスノズル開口部

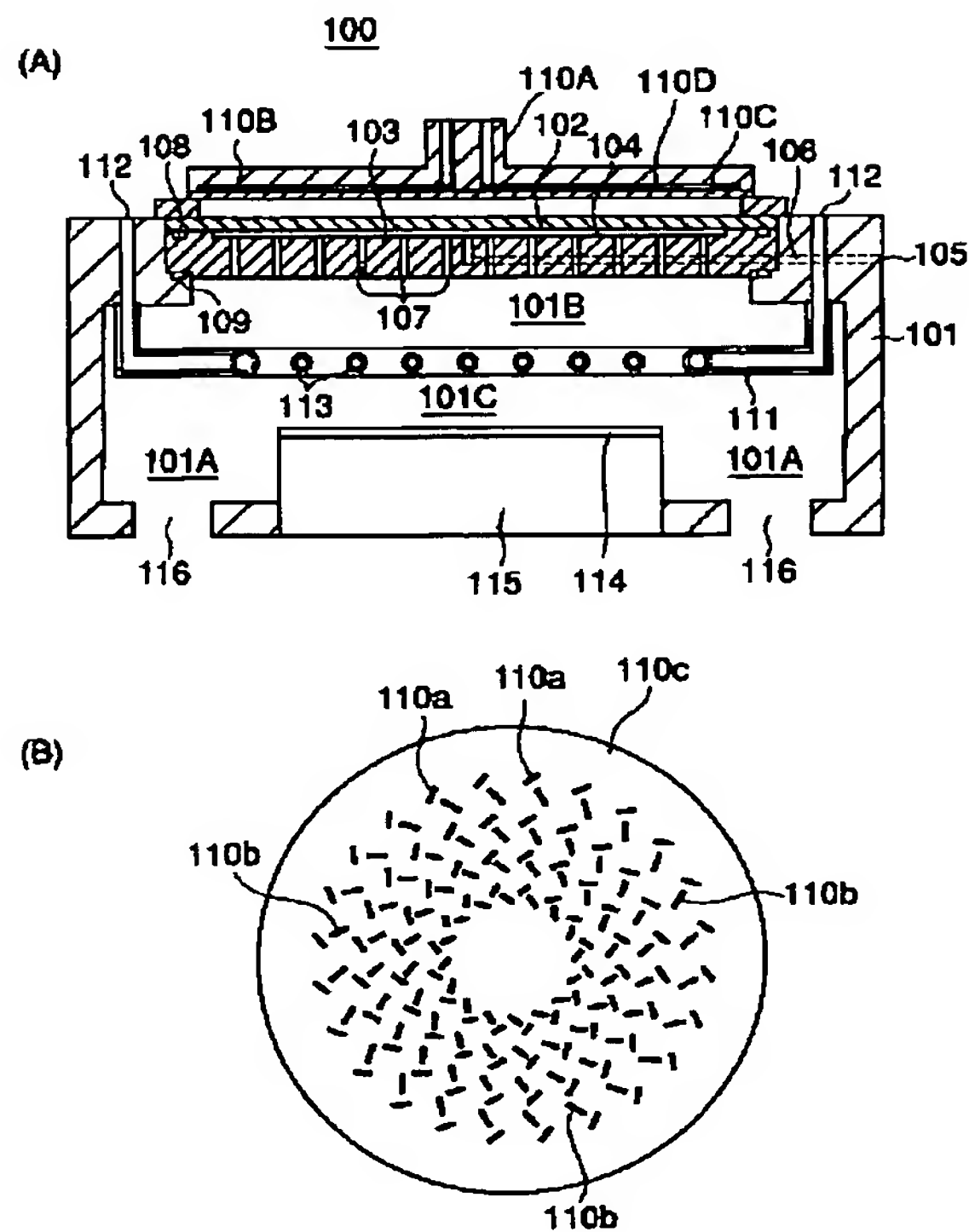
14B, 14C プラズマガス通路

15 カバープレート

16 スロット板

16a, 16b, 110a, 110b スロット開口部*20

【図1】



20

*17 アンテナ本体

18 遅波板

19 冷却ブロック

19A 冷却水通路

20 ラジアルラインスロットアンテナ

21 同軸導波管

21A 外側導波管

21a 外側導波管テーパ部

21B 内側給電線

21b 内側給電線テーパ部

22 チューナ

23 パワーモニタ

24 アイソレータ

25 発振部

25A マグネトロン

30 処理ガス供給構造

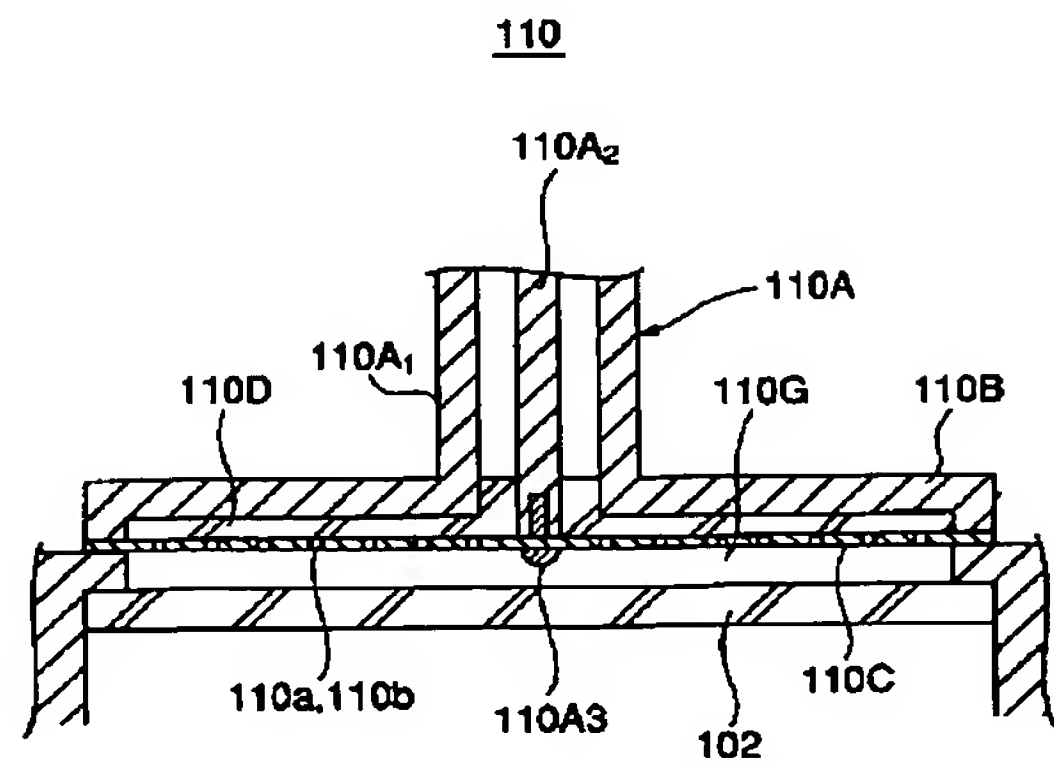
31A 処理ガス通路

31B 処理ガスノズル

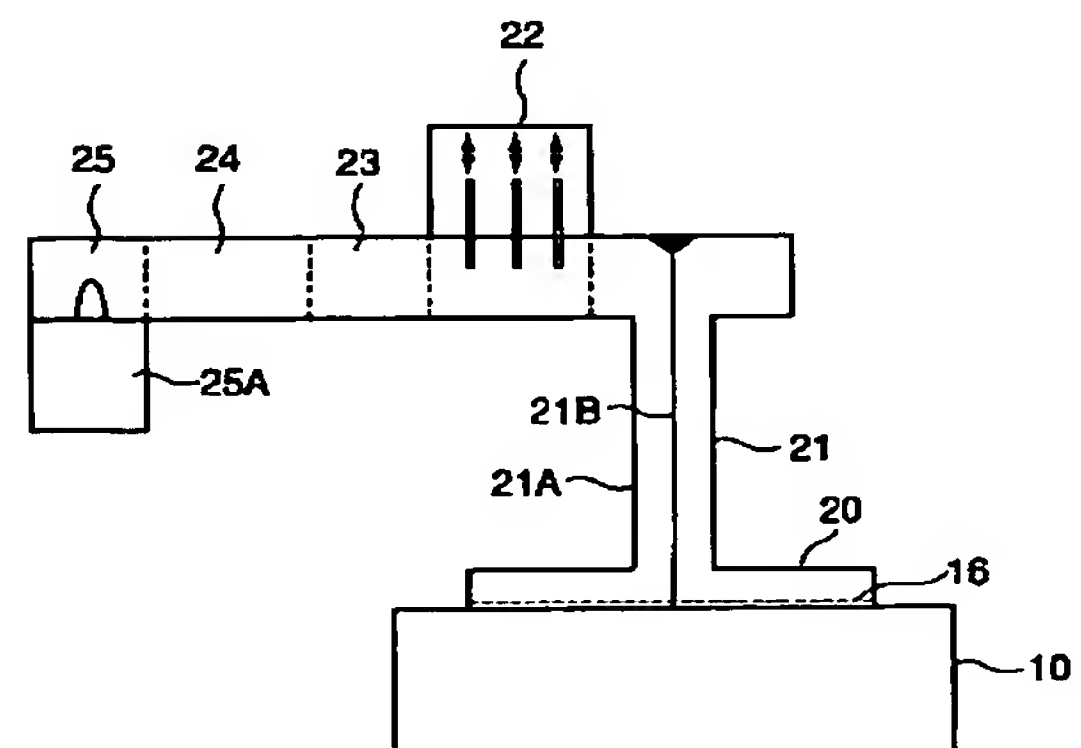
31C プラズマ拡散通路

31R 処理ガス供給ポート

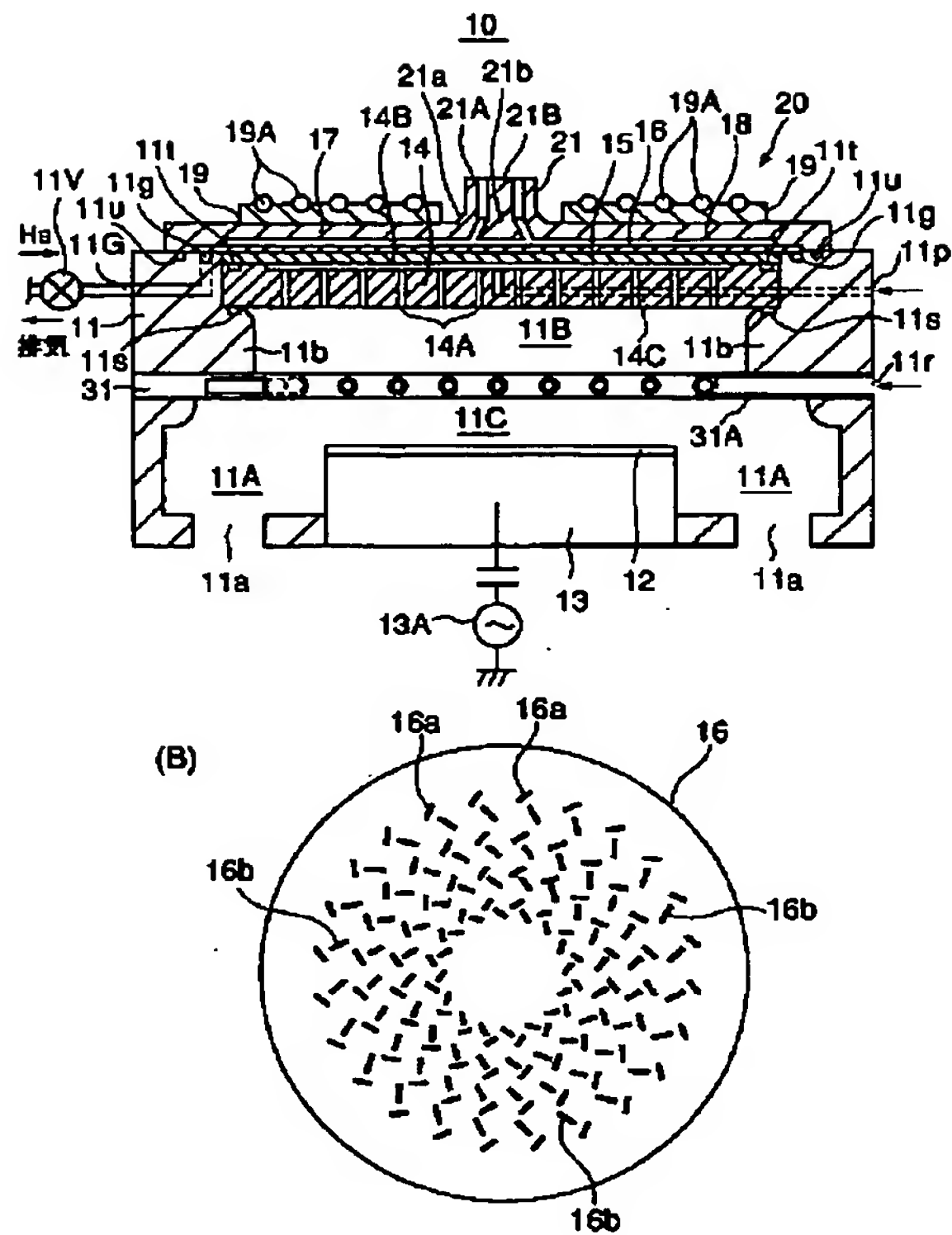
【図2】



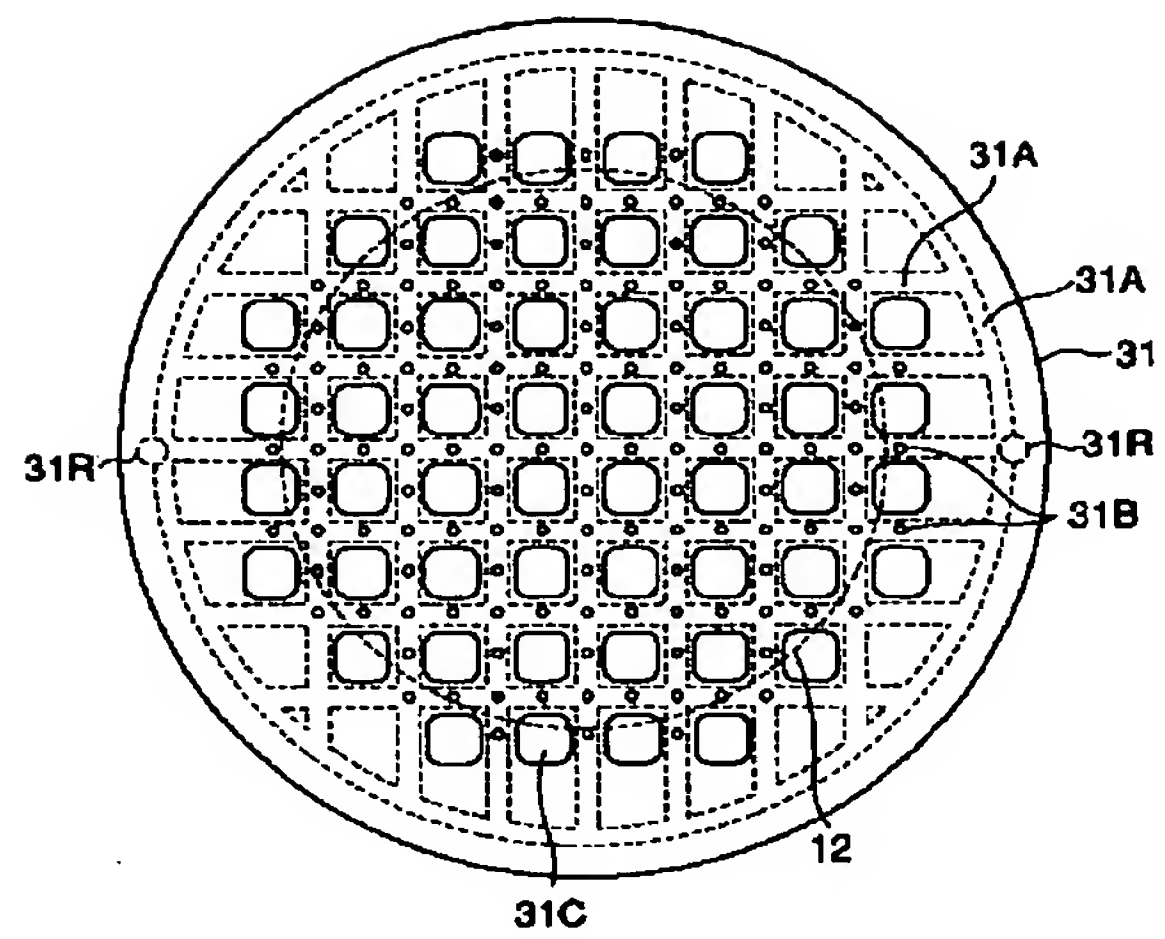
【図6】



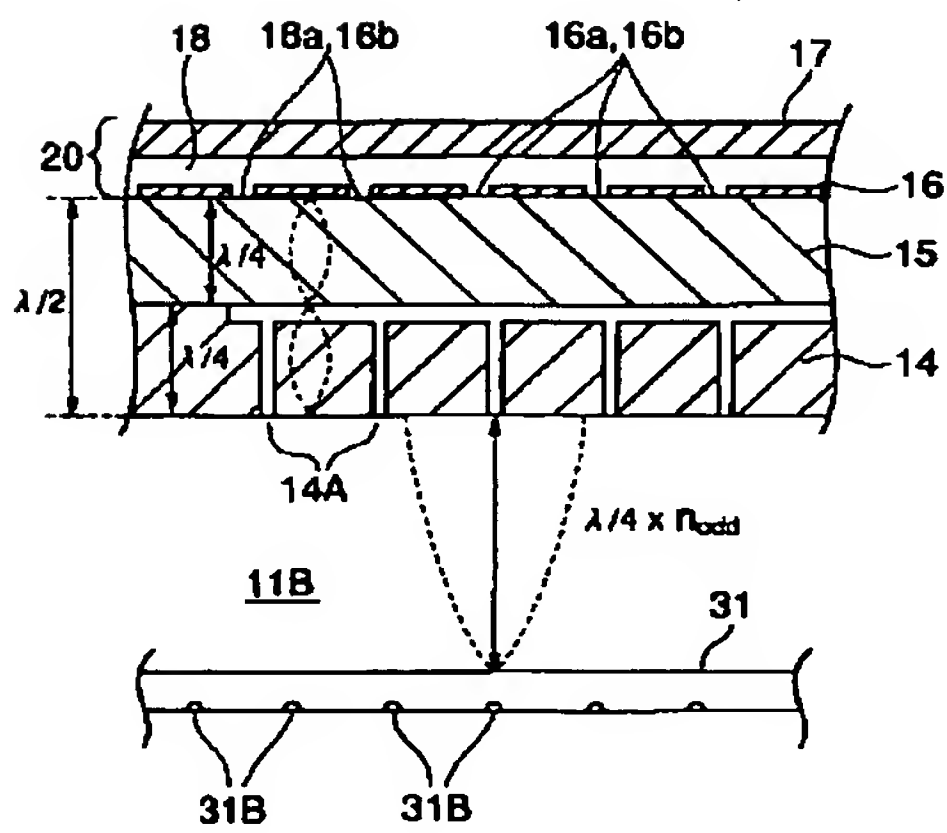
【図3】



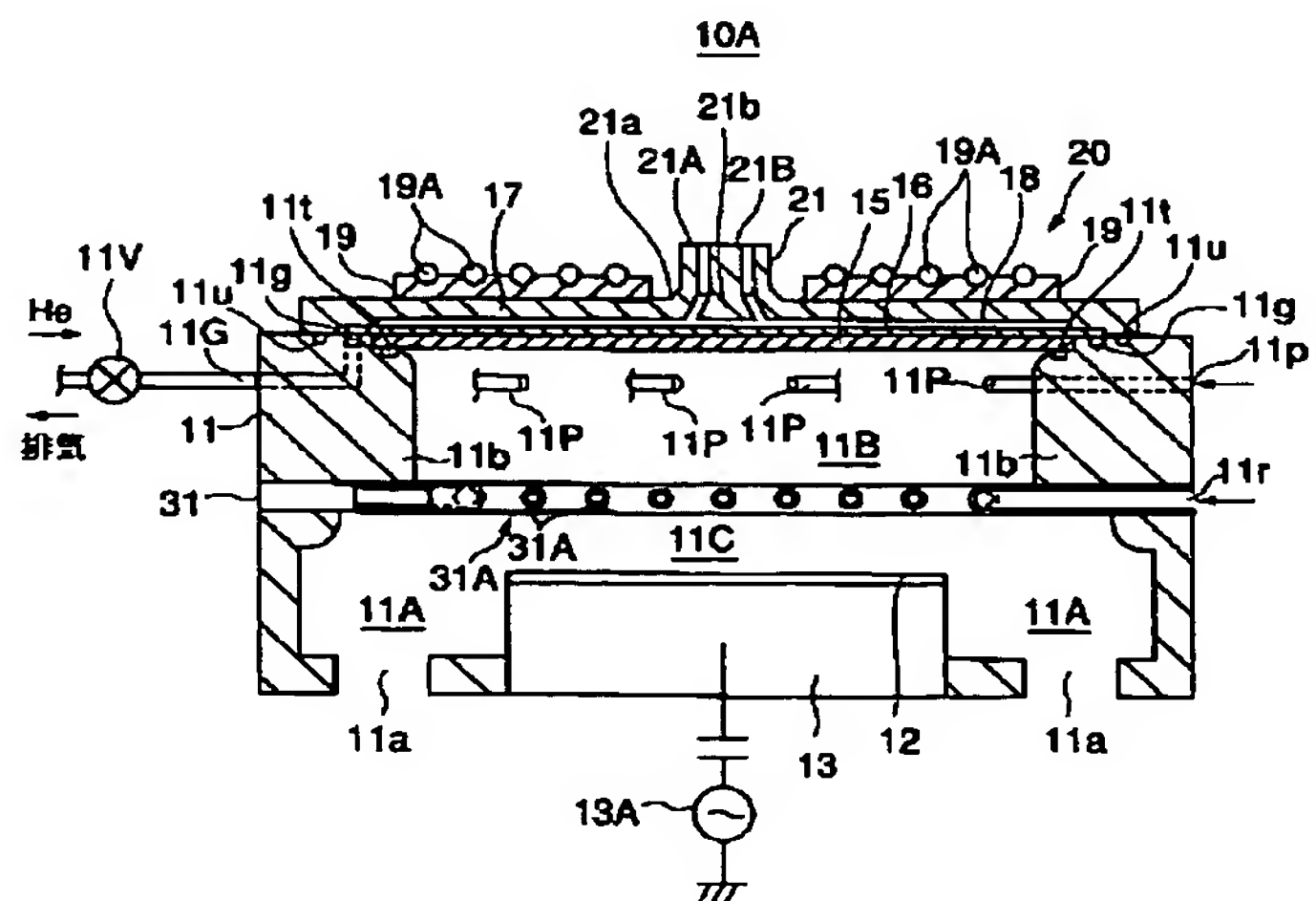
【図4】



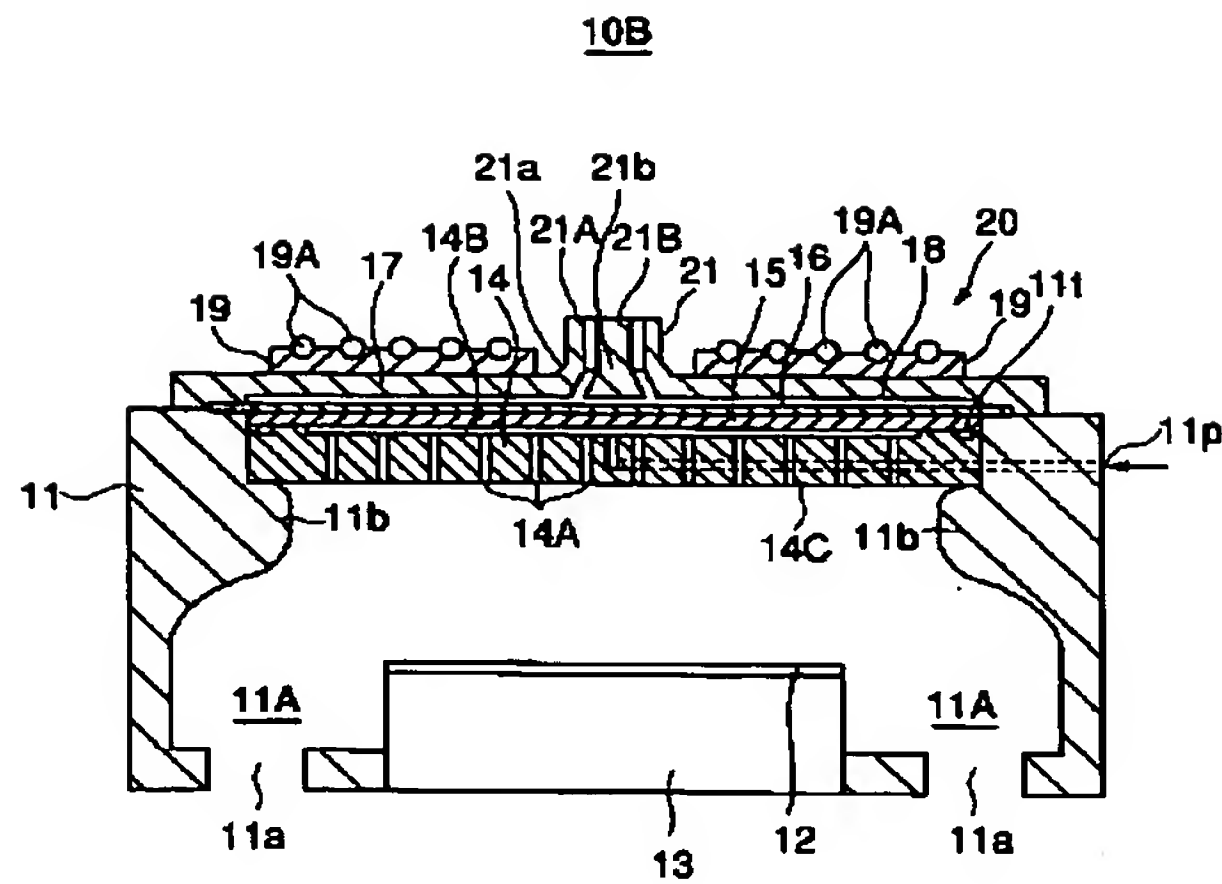
【図5】



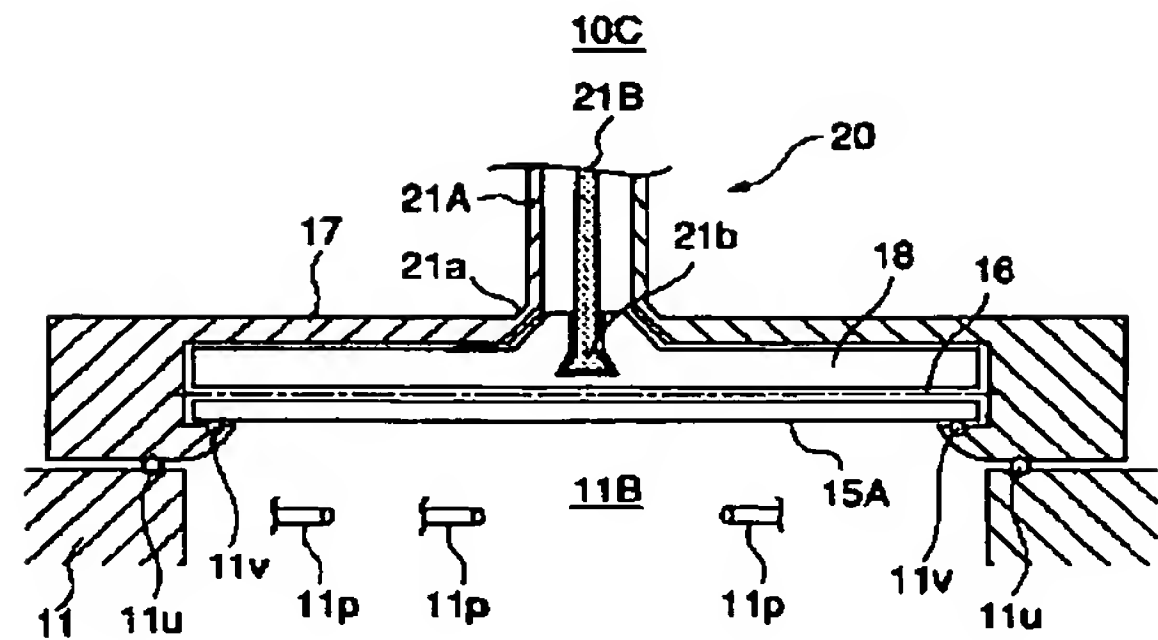
【図7】



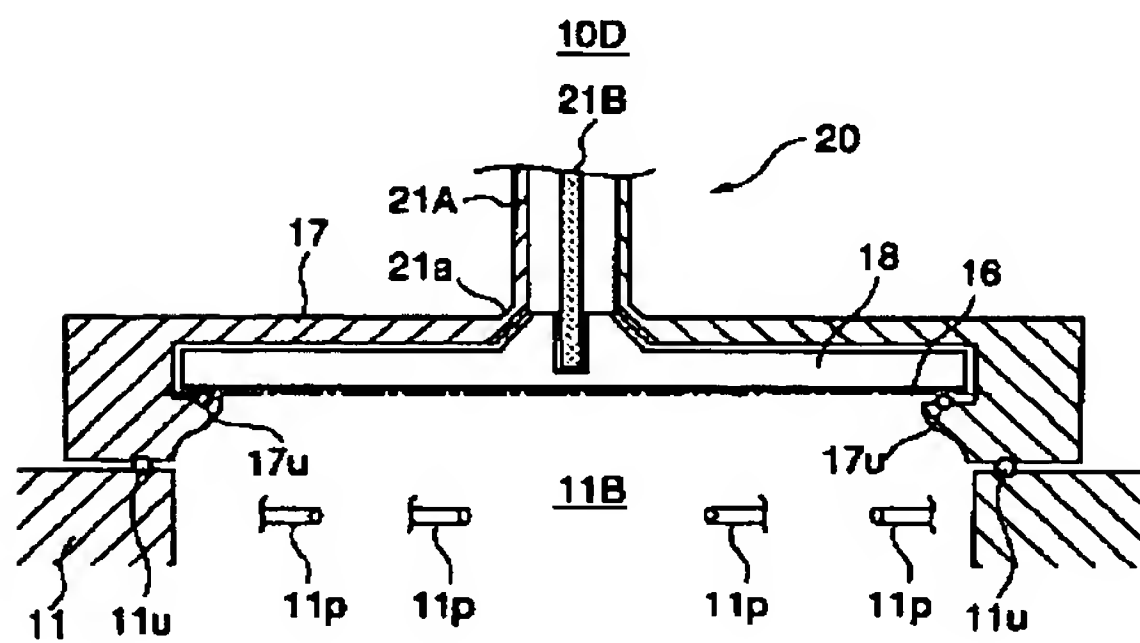
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 平山 昌樹
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学
内
(72)発明者 須川 成利
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学
内
(72)発明者 後藤 哲也
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学
内

(72)発明者 本郷 俊明
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内
Fターム(参考) 4K030 FA01 KA30 KA47
4K057 DA16 DB06 DD01 DE01 DE06
DM03 DM29 DM37 DN01
5F004 AA16 BA20 BB14 BB32 BD04
CA02 DA00
5F045 AA09 AA20 AB32 AB33 AB34
BB20 DP03 EB03 EC05 EF05
EH02 EH03